

物質質量と化学反応式

一、物質質量

1. アボガドロ数：12C 原子 12.0g に含まれる原子の数。 6.02×10^{23} （単位なし）。
12C 原子 1 個の質量は $1.993 \times 10^{-23} \text{g}$ なので、
 $12 \text{g} / 1.993 \times 10^{-23} \text{g} \approx 6.02 \times 10^{23}$
2. 物質質量 n ：粒子の個数に着目して表した物質の量を物質質量という。単位はモル [mol]。
 6.02×10^{23} 個粒子（原子・イオン・分子）を 1 モル [mol] と定義する。
3. アボガドロ定数 N_A ：1mol あたりの粒子の個数。
 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$
 $n[\text{mol}] = N / N_A$ （ N ：粒子の数）
例：アンモニア分子 NH_3 1.5mol に含まれるアンモニア分子の数はいくらか。また、H 原子の数はいくらか。
4. モル質量 M ：物質 1mol あたりの質量。単位は g/mol である。（ N_A 個粒子の質量）
※ モル質量(M) = 原子量・式量・分子量の数値 + [g/mol]
 $n[\text{mol}] = w[\text{g}] / M[\text{g/mol}]$ （ w ：物質の質量）

例 1：硫化水素 H_2S 2.5mol は何 g か。（ $\text{H}=1, \text{S}=32$ ）

例 2：含まれる分子数が最も多いものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① 酸素 (oxygen) 16g
- ② メタン (methane) 16g
- ③ 水素 (hydrogen) 3g
- ④ 二酸化炭素 (carbon dioxide) 22g

例 3：原子量が 51 である金属 M の酸化物 (oxide) 1.82g 中の M の質量 (mass) は 1.02g であった。この酸化物の組成式 (compositional formula) として正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① MO ② MO_2 ③ M_2O ④ M_2O_3 ⑤ M_2O_5 ⑥ M_3O_2

5. 気体のモル体積 V_m ：気体 1mol あたりの体積。単位は L/mol である。
 - (1) アボガドロの法則：すべての気体は、同温・同圧の時、同体積中に同数の分子を含んでいる。
 - (2) 標準状態： 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (=1 大気圧 = 1atm = 760 mmHg)
標準状態において、1mol 気体の体積は 22.4 L である。これは、気体の種類によらない。
 $n[\text{mol}] = V[\text{L}] / 22.4[\text{L/mol}]$ （ V ：標準状態の体積）

例 1：標準状態で 2.24L のアンモニア分子 NH_3 は何 mol か。

例 2： 0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ において体積 5.6L の二酸化炭素 CO_2 に含まれるすべての原子 (atom) の数に最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

ただし、二酸化炭素は理想気体とする。

- ① 1.5×10^{23} ② 3.0×10^{23} ③ 4.5×10^{23}
④ 2.4×10^{24} ⑤ 4.8×10^{24} ⑥ 7.2×10^{24}

6. 気体の密度：気体 1L あたりの質量。単位は g/L である。

※ 気体の密度とモル質量（分子量）：

$$M[\text{g/mol}] = 22.4[\text{L/mol}] \times d[\text{g/L}] \quad (\text{標準状態})$$

例：次の気体①～⑤のうち、標準状態における密度 (density) が 0.90 g/L に最も近いものを一つ選びなさい。

- ① Ar ② CH_4 ③ He ④ N_2 ⑤ Ne

二、溶液の濃度

1. 溶解：溶質が溶媒に拡散して均一な液体（溶液）になる現象。

※ 溶液の質量 = 溶質の質量 + 溶媒の質量

2. 濃度：溶液中に溶けている溶質の割合

(1) 質量パーセント濃度[%]：

$$a[\%] = \frac{w_{\text{質}}[\text{g}]}{W_{\text{液}}[\text{g}]} \times 100\%$$

(2) モル濃度 $c[\text{mol/L}]$ ：

$$c[\text{mol/L}] = \frac{n_{\text{質}}[\text{mol}]}{V_{\text{液}}[\text{L}]}$$

例 1：0.2 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 NaOH aq 75 mL には何 g の NaOH が含まれているか。（ $\text{NaOH}=40$ ）

例 2：5.00 g の硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を 35.0 g の水に溶かしたところ、密度 (density) が 1.05 g/cm^3 の硫酸銅(II)水溶液ができた。この硫酸銅(II)水溶液のモル濃度 (molar concentration) に最も近い値を、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① 0.50 ② 0.53 ③ 0.60 ④ 0.78 ⑤ 0.82

例 3：濃塩酸 conc. HCl は 12 mol/L の塩化水素 HCl の水溶液である。この濃塩酸を純水で希釈 (dilution) して 0.50 mol/L の希塩酸 dil. HCl 100 mL を作る時に、必要な濃塩酸の体積は何 mL か。最も近い値を、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① 4.2 ② 6.0 ③ 3.0 ④ 9.6 ⑤ 18

例 4：問 11 質量パーセント濃度 20%の塩酸 HCl aq のモル濃度 [mol/L] として最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、この塩酸の密度は 1.1 g/cm^3 とする。

- ① 0.15 ② 0.61 ③ 1.2 ④ 5.1 ⑤ 6.1 ⑥ 12

三、化学反応式とその量的関係

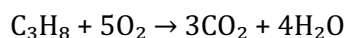
1. 化学反応式：

【化学反応式の書き方】化学反応式を書くには、次のようにする。

- (1) 反応物の化学式を左辺に、生成物の化学式を右辺に書き、その間を矢印 (→) で結ぶ。
- (2) 両辺で、各原子の種類と数が等しくなるように、それぞれの化学式の前に係数をつける。
- (3) 係数は最も簡単な整数の比になるようにし、省略されることもある。
- (4) 反応の前後で変化しなかった物質（溶媒の水や触媒など）は反応式中には書かない。

例：プロパン C_3H_8 を完全に燃焼させると、二酸化炭素と水が生成する。

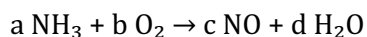
この変化を化学反応式で表すと、次のようになる：



◆ 複雑な反応式：特定係数法

例：アンモニア NH_3 と酸素 O_2 が反応して一酸化窒素 NO と水 H_2O が生成する反応式を書く。

まず各物質の係数を a, b, c, d として次のように書く：



反応前後において、各原子の総数は変わらないので：

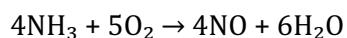
窒素原子について： $a = c$

水素原子について： $3a = 2d$

酸素原子について： $2b = c + d$

$a = 1, c = 1, d = 3/2$ として代入すると、 $b = 3/2$

分数を避けるため全体を 2 倍すると：

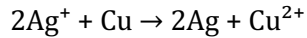


2. イオン反応式：

反応に関係したイオンのみで表された化学反応式。

両辺で「原子の個数」だけでなく「電荷」も一致する必要がある。

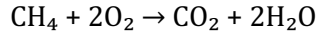
例：



3. 化学反応式の表す量的関係：

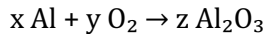
※※化学反応式の係数の比 = モル数の比 = 気体の同温・同圧での体積の比

例：



モル比 = 1:2:1:2、体積比も 1:2:1:2

例 1：アルミニウム Al が燃焼 (combustion) して、酸化アルミニウム Al_2O_3 が生じる反応は次の式のように表される。

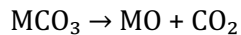


ただし、 x, y, z は係数 (coefficient) である。酸化アルミニウム 5.1 g を得るために必要なアルミニウムの質量 [g] として最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

(原子量は $\text{O} = 16, \text{Al} = 27$)

- ① 1.8 ② 2.3 ③ 2.7 ④ 3.2 ⑤ 4.8 ⑥ 5.4

例 2：金属 M の炭酸塩 MCO_3 37 g を加熱すると、次式のように分解 (decomposition) して二酸化炭素 CO_2 が 11 g 発生した。



金属 M の原子量として最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。(原子量は $\text{C} = 12, \text{O} = 16$)

- ① 24 ② 36 ③ 40 ④ 55 ⑤ 88 ⑥ 140

例 3：ピストン (piston) により体積がえられる容器に、温度 27°C 、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 atm) で、プロパン C_3H_8 11 L と空気 50 L を入れて点火した。プロパンを完全燃焼 (complete combustion) させた後、もとの温度・圧力にすると、反応後の気体の体積は何 L になるか。次の①～⑥の中から最も近い値を一つ選びなさい。ただし、空気の組成 (composition) は酸素 20%、窒素 80% とし、水蒸気 (water vapor) の圧力は無視する。

- ① 7 ② 43 ③ 45 ④ 48 ⑤ 51 ⑥ 52

4. 反応物の過不足問題：

※※反応物の量に過不足がある場合、常に「少ない (不足する) 方」を基準にして、生成物の量を求めるようにしなければならない。

例：2.7 g のアルミニウム Al に、2.0 mol/L の塩酸 HCl aq を 25 mL 加えた。どちらか一方の反応物 (reactant) が完全になくなるまで反応したとすると、発生する水素 H_2 は標準状態で何 L か。最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 0.56 ② 1.1 ③ 2.2 ④ 2.8 ⑤ 3.4 ⑥ 4.5